# ESTUDIOS ECOLOGICOS EN EL PARAMO DE CRUZ VERDE, COLOMBIA I. UBICACION GEOGRAFICA, FACTORES CLIMATICOS Y EDAFICOS

Por

Reinhard Schnetter *, Gustavo Lozano-Contreras,

Marie Luise Schnetter * y Hernán Cardozo G.

Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

## INTRODUCCION

En las regiones superiores de las montañas altas de la tierra reinan condiciones ecológicas especiales que sólo permiten un crecimiento vegetal limitado. Esto se nota claramente por la ausencia de árboles de gran tamaño en estos sitios. En contraposición a las montañas altas de las zonas templadas, donde un período largo con temperaturas por debajo o cerca del punto de congelación alterna con un período corto de temperaturas altas que permite el desarrollo de las plantas, hay en las montañas tropicales un clima uniforme pero frío durante todo el año.

No son frecuentes las descripciones de las condiciones bajo las cuales crecen las plantas en las regiones altas de las montañas del trópico. Lo mismo se puede decir de las regiones paramunas de América del Sur. Desde agosto de 1970 hasta julio de 1972 se realizaron una serie de investigaciones en un páramo colombiano que contribuyen a aumentar los conocimientos sobre las condiciones ecológicas de estas regiones (Lozano-C. y R. Schnetter 1976, Cardozo G. y M. L. Schnetter 1976, M. L. Schnetter y Cardozo G. 1976). El presente trabajo trata sobre todo de los factores climáticos y edáficos.

---

* Dirección actual: Botanisches Institut, 63 Giessen, Alemania.

### *Ubicación geográfica.*

El sitio de investigación, denominado Páramo de Cruz Verde, se sitúa a 4° 33′ latitud norte y 74° 02′ longitud oeste a una altura aproximada de 3300 - 3400 m sobre el nivel del mar. Comienza a una distancia de 10 km de Bogotá y se extiende a los lados de la carretera que conduce de la capital a Choachí. La mayor parte del terreno accidentado está cubierta por frailejonales. Pequeños bosques bajos están dispersos entre ellos. Una descripción de las comunidades vegetales se encuentra en el trabajo de LOZANO-C. Y R. SCHNETTER (1975). Con frecuencia se ven arroyos y pequeños lagos. El uso del terreno se limita al cultivo esporádico de papa y un pastoreo ocasional de vacas.

## METODOS

La temperatura del aire se determinó con un psicrómetro de aspiración según Assmann a diferentes alturas sobre la superficie del suelo.

La temperatura del suelo se midió con un termómetro especial a una profundidad de 1 m.

Para medir la radiación global se usó un solarímetro según Moll - Gorczynski.

La velocidad del viento se determinó con un anemómetro de mano de la empresa Fuess (Berlín).

Las precipitaciones se observaron de febrero de 1971 hasta junio de 1972 por medio de sencillos pluviómetros consistentes de una botella con un embudo de 8 cm de diámetro encima. Por el peligro de robos no se usaron pluviómetros estandarizados. A cada botella se adicionó aceite de parafina para evitar la evaporación del agua. Cada ocho días aproximadamente se cambiaban los recipientes. Dos de las botellas descritas fueron colocadas en lugares carentes de vegetación, parcialmente enterradas, con el borde del embudo unos 10 - 15 cm por encima de la superficie del suelo. Otros dos recipientes se colocaron en la misma forma debajo de árboles de *Hypericum goyanesii* CUATR. Como no había casetas meteorológicas en la vecindad inmediata, no fue posible comparar los valores obtenidos con resultados determinados con pluviómetros estandarizados para apreciar las variaciones entre los dos métodos, pero los datos en todo caso pueden servir como primera información sobre el régimen pluvial de la región.

Para la determinación de la concentración de carbono del suelo se pasaron primero las muestras secas por un tamiz de 2 mm. Después se siguió el método de Springer y Klee (STEUBING 1965).

La determinación del valor del pH del suelo se realizó con un pH-metro de la empresa WTW en una suspensión acuosa en una relación suelo-agua de 1: 2,5.

Los contenidos de agua de las pruebas del suelo se obtuvieron al secar el suelo a una temperatura de 105° C. La toma de muestras de las diferentes profundidades se efectuó con un taladro para suelo.

Para la determinación de la capacidad de retención de agua del suelo se excavaron cilindros de tierra de un diámetro de 7,2 cm y una altura de 7,7 cm. Después de saturados con agua, se secaron a una temperatura de 105° C (Steubing 1965).

Las curvas del valor pF de los diferentes tipos de suelo se obtuvieron a base del método de papel de filtro descrito por McQueen y Miller (1969). Los valores pF obtenidos son posiblemente un poco bajos, porque las pruebas de suelo usadas habían sido secadas y ya no tenían su estructura original (Scheffer y Schachtschabel 1966). Se obtuvieron curvas que indican la relación entre el valor pF y el contenido de agua del suelo al ajustar las muestras a diferentes concentraciones de agua. Estas curvas servían para computar los valores pF correspondientes a los contenidos de agua determinados en el campo.

Para la determinación del punto de marchitamiento permanente se usó el método descrito por Steubing (1965). Se excavaron plantas de *Geranium multiceps* Turcz. *Espeletia grandiflora* H. & B. e *Hypericum goyanesii* y se sembraron en recipientes impermeables al agua, inmediatamente. Después se transportaron las materas a Bogotá, donde siguió el tratamiento.

UNIVERSIDA
Facultad de Medicina

### *Temperaturas.*

Las temperaturas del suelo medidas a 1 m de profundidad fueron de 10,3° C, valor que es considerado como el promedio anual de temperatura del área de investigación. No hay mediciones de temperaturas nocturnas, pero se supone que raras veces bajan al punto de congelación o a temperaturas menores, porque heladas frecuentes harían imposible el cultivo de papa a esta altura. Las temperaturas determinadas al mediodía bajo las condiciones de cielo nublado fueron 10° C a 1 m de altura aproximadamente y alcanzaron 12,8° C a las 2 p. m. el 5 de noviembre de 1971 (tab. 1). A 20 cm de altura el máximo fue de 14,2° C. Valores similares se obtuvieron bajo las condiciones de cielo despejado el 24 de abril de 1970 entre las 11 y 11:30 a. m. con los máximos siguientes a las alturas indicadas:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20 cm: | 14,8° C | 80 cm: | 13,6° C |
| 40 cm: | 14,4° C | 100 cm: | 12,6° C |
| 60 cm: | 13,8° C | | |

Los valores observados coinciden con los obtenidos por GUHL (1968) para regiones paramunas de similar altura sobre el nivel del mar.

TABLA 1

Temperatura del aire (° C) y radiación global (cal/cm² min)

| Fecha | Hora | I + H | Temperatura 1 m | Temperatura 0,2 m |
|---|---|---|---|---|
| 5.XI.1971 | 10,00 | 0,35 | 8,3 | 8,8 |
| | 11,00 | 0,27 | — | — |
| | 11,30 | — | 10,2 | 12,0 |
| | 12,00 | 0,39 | 10,1 | 11,5 |
| | 13,00 | 0,48 | 10,4 | 10,9 |
| | 14,00 | 0,51 | 12,8 | 14,2 |
| | 15,00 | 0,32 | 11,5 | 12,0 |
| | 16,00 | 0,18 | 9,6 | 10,1 |
| 14.IV.1972 | 11,10 | 0,43 | — | |
| | 11,30 | — | 10,6 | |
| | 12,10 | 0,19 | — | |
| | 12,25 | — | 9,3 | |
| | 13,30 | 0,23 | 9,0 | |
| | 14,45 | 0,20 | 10,5 | |

### *Viento*

Durante el día el viento sopla constantemente del sureste con muy pocas excepciones. Esta dirección principal está marcada por el rumbo de las hojas secas de *Espeletia grandiflora* que se orientan hacia el noroeste. Las velocidades del viento (promedios de media hasta una hora) están representadas en la figura 1. Estos pocos valores indican una tendencia a máximos durante las horas del mediodía, en concordancia con las observaciones de TROLL (1952). No se observaron efectos dañinos directos sobre las plantas como los describió SMITH (1972) para páramos venezolanos.

### *Precipitaciones.*

Los resultados de la precipitación de los años 1971 y 1972 se representan en la figura 2. Los mínimos mensuales se observaron durante el mes de febrero en ambos años con 51,3 mm y 61,0 mm. Los máximos con 248,1 mm y 296,9 mm fueron medidos durante los meses de julio de 1971 y junio de 1972 respectivamente. La precipitación anual correspondió a 1.723,6 mm (febrero de 1971 - enero de 1972) o 1.933,9 mm (julio de 1971 - junio de 1972).

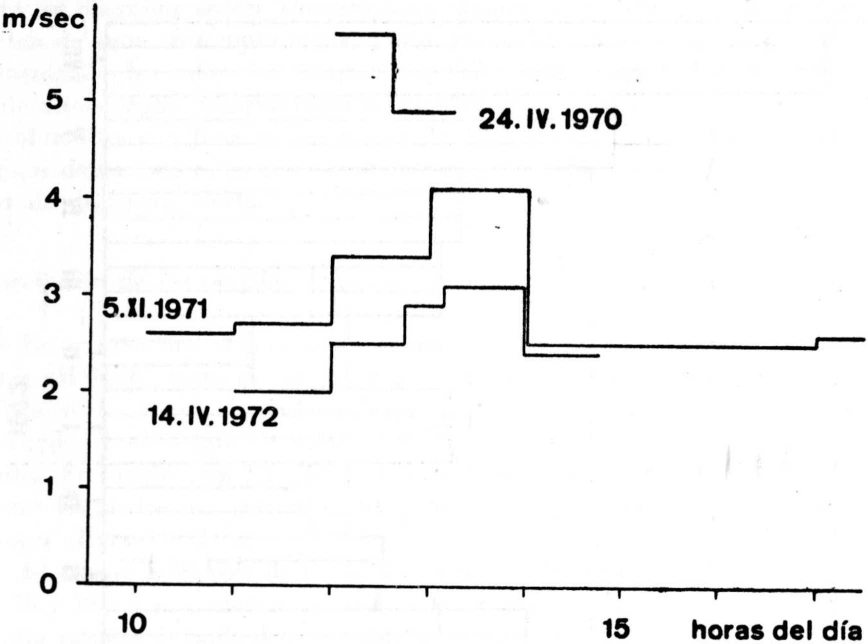

FIGURA 1. Velocidad del viento a diferentes horas del días a una altura de 1.20 m sobre el suelo.

En regiones boscosas con frecuente neblina, ésta puede aumentar considerablemente las precipitaciones, por la caída de goticas de niebla sobre la superficie de los árboles, su acumulación y escurrimiento al suelo (GEIGER 1961). Para tener una idea sobre la influencia de la neblina en la región paramuna, se pusieron dos de los pluviómetros debajo de árboles de *Hypericum goyanesii.* Se esperaba obtener información del efecto de la neblina al aumentar la precipitación debajo de los árboles. En realidad se observó que en los pluviómetros dentro del bosque bajo había siempre una menor cantidad de agua que en el sitio abierto; pero la relación entre los dos valores no era constante. Se determinaron relativamente grandes cantidades de agua durante las épocas más lluviosas y pequeñas durante épocas más secas en comparación con las precipitaciones obtenidas en los sitios abiertos. Esto se debe seguramente al efecto de la intercepción de los árboles (GEIGER 1961). Por los métodos usados no se pudo demostrar un aumento de la precipitación por neblina. No obstante esta observación, no se niega la importancia de las neblinas, porque aumentan temporalmente la humedad del aire y reducen por eso la evapotranspiración.

Con base en la precipitación mensual y las temperaturas promedias de 10,3° C, correspondiente a las mediciones en 1 m de profundidad, se ela-

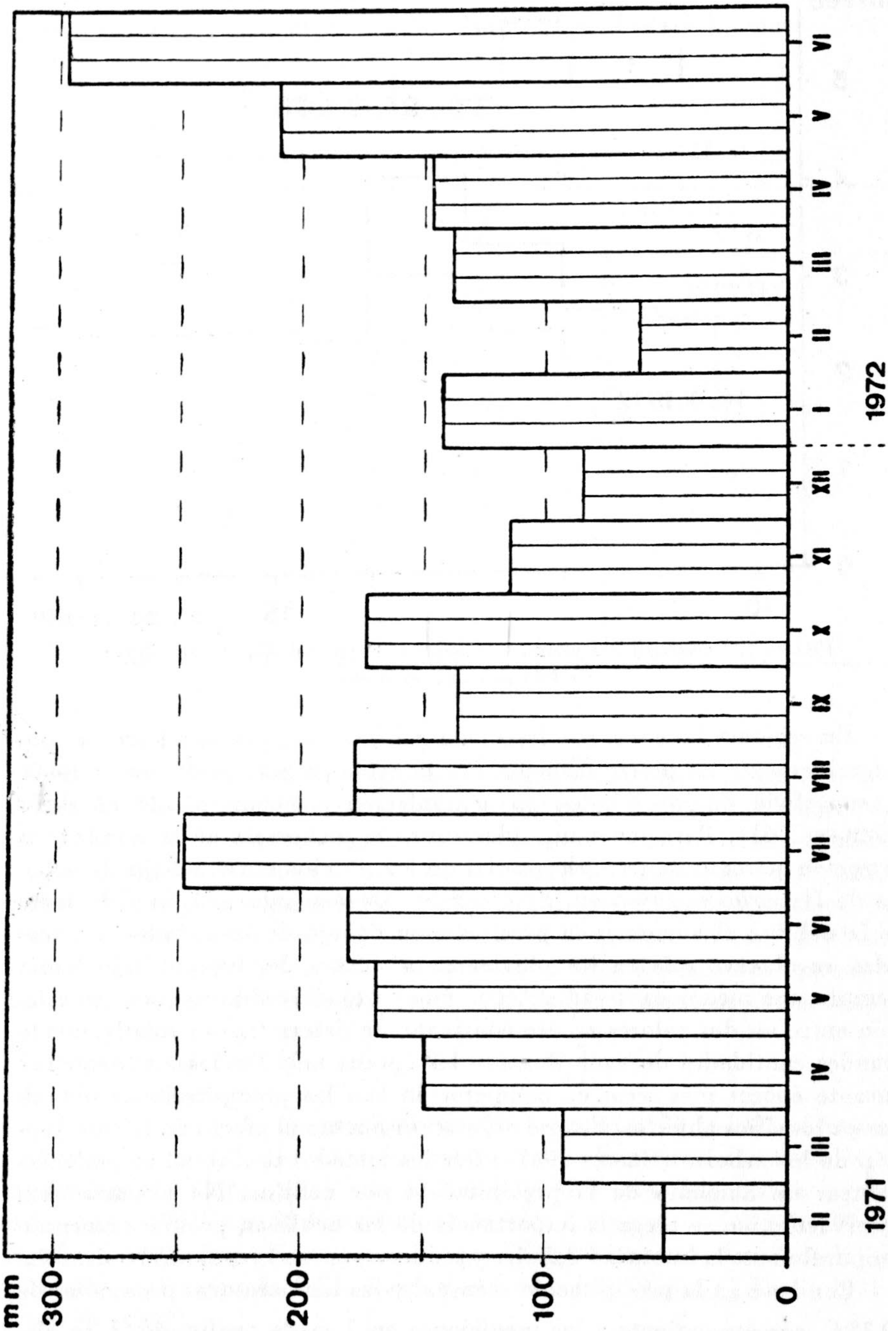

FIGURA 2. Precipitación mensual.

boró un diagrama según Thornthwaite (figura 3) que indica que no hay déficit de agua en ningún mes del año. Por el efecto de la neblina arriba mencionado, los valores de evapotranspiración calculados deben ser demasiado altos. Según observaciones de HERRMANN (1970, 1971 a, 1971 b) datos obtenidos con base en las tablas de Thornthwaite indicaron también valores demasiado altos de evapotranspiración en los páramos de la Sierra Nevada de Santa Marta.

## *Descripción de los perfiles de suelo.*

En el área investigada se encuentran suelos negros humíferos con un valor pH bajo, como es típico para las regiones altas y húmedas de las montañas. En las cimas de las colinas estos suelos son por lo general poco profundos y el estrato humífero yace frecuentemente encima de la roca madre. En cambio, en las pendientes de menor inclinación y en los sitios planos los suelos son generalmente profundos, pero también aquí se nota a veces afloración de roca.

El estrato humífero de los suelos poco profundos tiene un espesor entre 10 y 50 cm y se encuentra directamente encima de la roca o sobre un estrato arenoso delgado de color amarillo que yace sobre la roca (tabla 2). Estos suelos corresponden a los ranker de los alpes europeos. Según la clasificación de JENNY (1948, 1953) son "suelos humíferos andinos". En la mayor parte del área se presentan suelos de tipo "suelos humíferos de páramo". Debajo de la capa humífera de un espesor de 30 - 50 cm se encuentra un estrato de color marrón oscuro al que sigue más abajo una arcilla arenosa amarilla. Incluido en ésta se encuentran a veces manchas de color rojo-pardo que provienen de hierro precipitado. Suelos parecidos describe ZÖTTL (1970) de los páramos venezolanos. En sitios constantemente inundados se forman turberas que se distinguen por un alto contenido de sustancia orgánica. En algunos sitios, donde fueron secadas las turberas, se encuentran también suelos de este tipo a pesar de que actualmente la formación del suelo no está bajo la influencia de un exceso permanente de agua.

## *Propiedades químicas del suelo.*

Los contenidos de carbono más altos se determinaron en las capas superiores del suelo en todas las asociaciones vegetales, mientras los valores disminuyeron a mayor profundidad, como indica la tabla 3.

Concentraciones particularmente altas se encontraron en las asociaciones de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santan-*

*deriense*, de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium multiceps* y de *Diplostephium revolutum.* Pero el contenido de carbono decreció más rápidamente a mayor profundidad en las primeras dos asociaciones que en la turbera.

Análisis de contenido de carbono y nitrógeno realizados por el Departamento de Química de la Universidad Nacional con suelos procedentes de las asociaciones de *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata,* de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense* y de *Diplostephium revolutum* degradada indicaron una variación de la concentración de los dos elementos en el curso del año (tabla 4). Durante el invierno la concentración de nitrógeno fue mayor y el contenido de carbono por el contrario menor que en épocas secas en dos de las asociaciones.

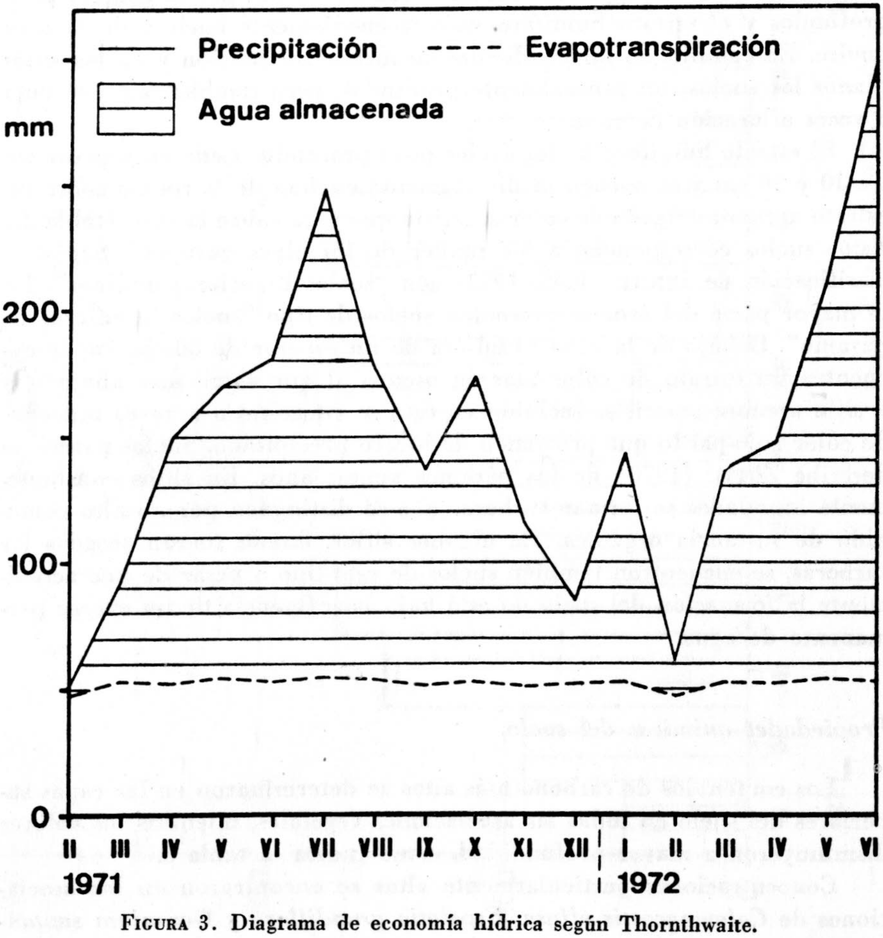

FIGURA 3. Diagrama de economía hídrica según Thornthwaite.

TABLA 2

Los perfiles de suelo (hasta 1 m de profundidad)

| cm | Tipo de suelo | Color | Clasificación según JENNY | Clasificación según el sistema americano | Asociaciones de |
|---|---|---|---|---|---|
| 30 (15-50) | humus sobre roca | negro | suelo humífero andino | Ord.: Inceptisol<br>Lithic Humitropept | *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata* |
| 30 (10-40) | humus | negro | | | |
| 4 (2-10) | arena sobre roca | amarillo intenso | | | |
| 40 (30-50) | humus | negro | suelo humífero de páramo | Ord.: Inceptisol<br>Humitropept | *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata*; *Calamagrostis effusa* y *Espeletia corymbosa*; *Calamagrostis effusa*, *Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense* |
| 25 (10-50) | arcilla | marrón oscuro | | | |
| 35 | arcilla arenosa | amarillo | | | |
| 100 | suelo con alto contenido de sustancia orgánica, inundado | negro | turbera | Ord.: Histosol<br>Hydric Tropohemist | *Diplostephium revolutum* |

## TABLA 3

**Contenido de carbono del suelo de diferentes asociaciones vegetales (% de suelo seco)**

| Profundidad cm | Asociaciones de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata* | *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata* | *Calamagrostis effusa* y *Espeletia corymbosa* |
|---|---|---|---|
| 3 | 12,2 | 14,2 | 18,1 |
| 10 | 10,0 | 17,4 | 11,5 |
| 30 | 8,4 (prof. 20 cm) | 12,5 | 9,5 |
| 50 | | 5,2 | 4,5 |
| 100 | | 2,8 | 1,4 |
| | *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense* | *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium multiceps* | *Diplostephium revolutum* |
| 3 | 35,6 | 36,0 | 32,2 |
| 10 | 27,6 | 31,7 | 30,2 |
| 30 | 18,8 | | 28,3 |
| 50 | 12,3 | 10,0 | 26,4 |
| 100 | 3,0 | 14,8 | |

Los valores pH en las capas superiores del suelo se sitúan entre 3,5 y 5,2 (figuras 4, 5). Generalmente aumenta el pH en todas las asociaciones a mayor profundidad, como es normal para suelos no cultivados en clima húmedo (ELLENBERG 1958) (figura 4). El valor máximo de pH,6,1, se determinó a 1 m de profundidad bajo la asociación de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense.*

En el curso del año se presentan oscilaciones del pH en los estratos superiores del suelo (figura 5), pero no se pueden establecer relaciones entre las estaciones del año y las variaciones del pH. Valores similares de carbono, nitrógeno y pH anotan CARRERA, PICHOTT y ALEXANDER (1968) para suelos de otros páramos en la cercanía de Bogotá.

### *Economía hídrica del suelo.*

Por su alto contenido de humus, los suelos del páramo se distinguen por una elevada capacidad para retener agua. En la tabla 5 se reproducen los resultados de las determinaciones para suelos de diferentes asociaciones vegetales. Se nota que la turbera bajo la asociación de *Diplostephium*

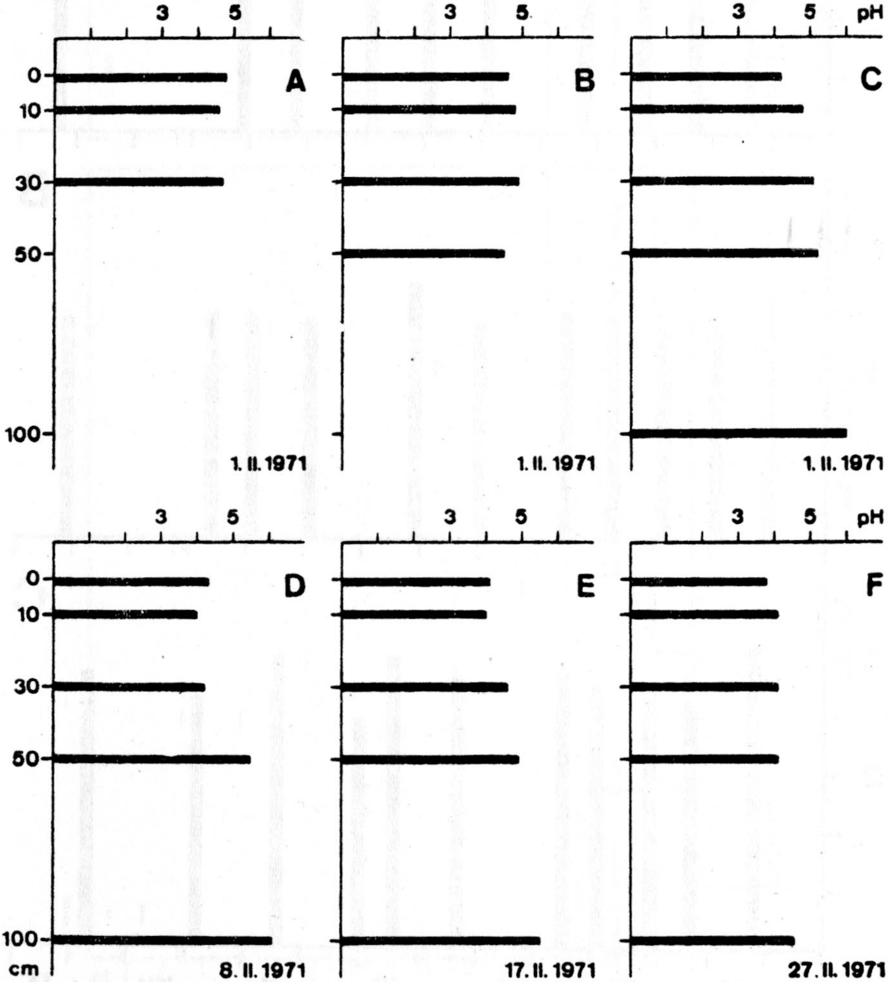

FIGURA 4. Valor de pH del suelo de diferentes asociaciones vegetales a diferentes profundidades. Asociación de: A *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata;* B, C *Calamagrostis effusa* y *Espeletia corymbosa;* D *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense;* E *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium multiceps;* F *Diplostephium revolutum.*

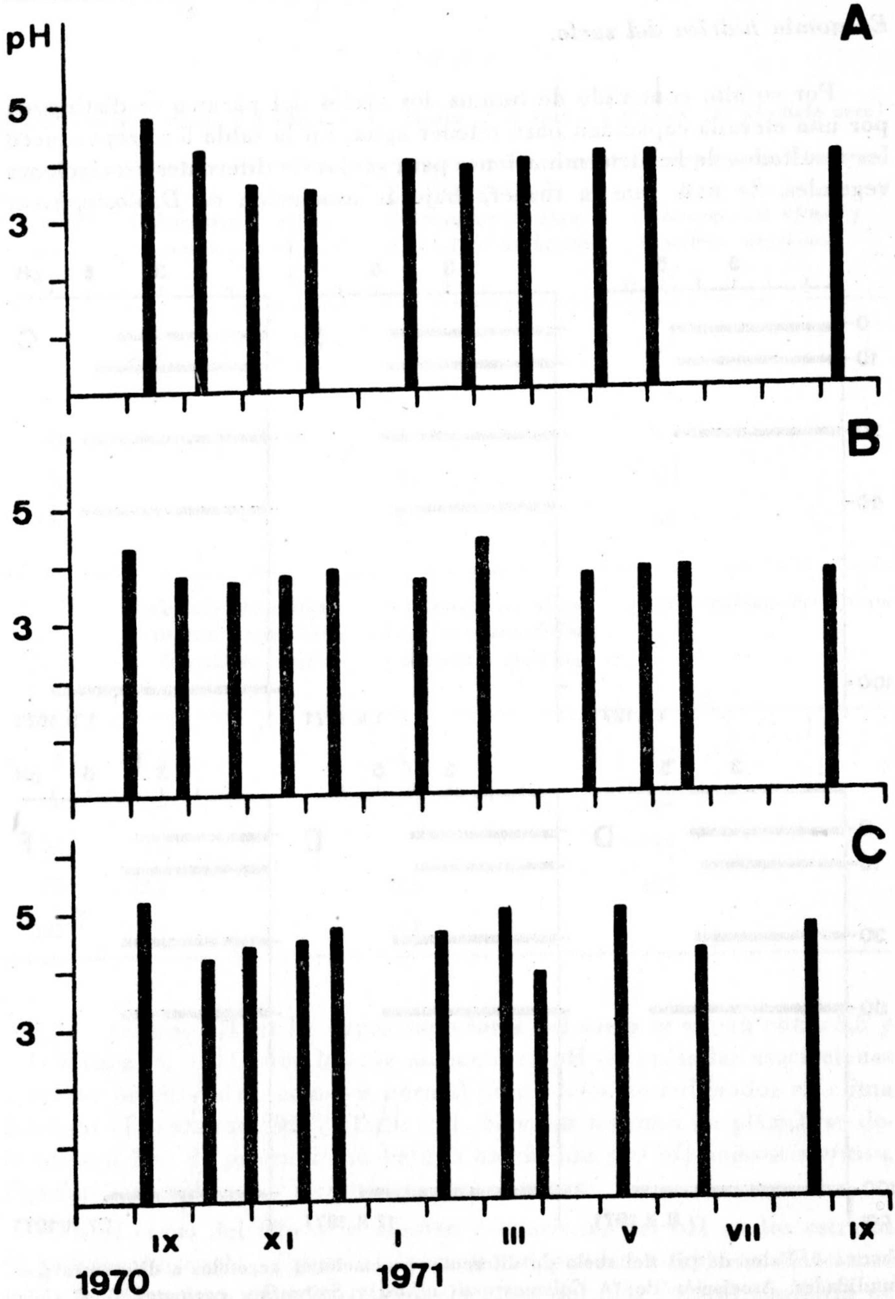

FIGURA 5. Variación del pH durante un año. A asociación de *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata*; B asociación de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense*; C asociación degradada de *Diplostephium revolutum*.

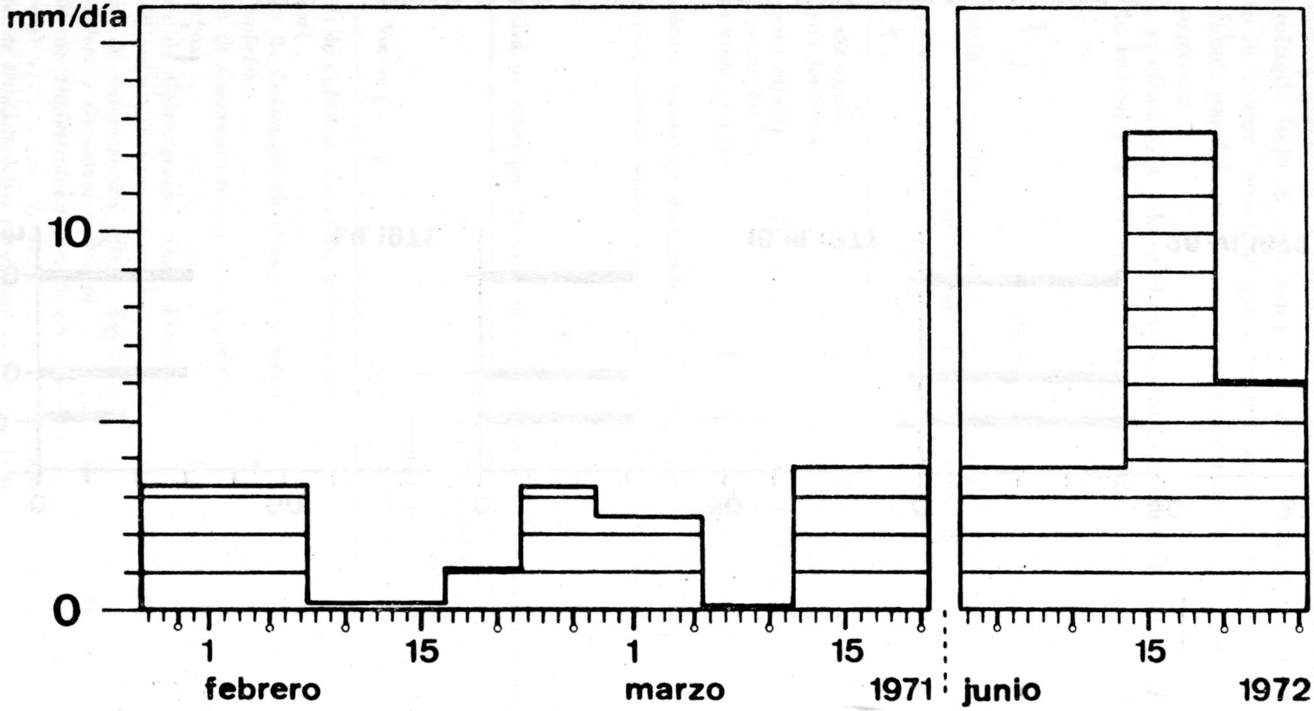

FIGURA 6. Precipitaciones caídas en los días antes de la toma de las pruebas para determinaciones del contenido de agua del suelo.

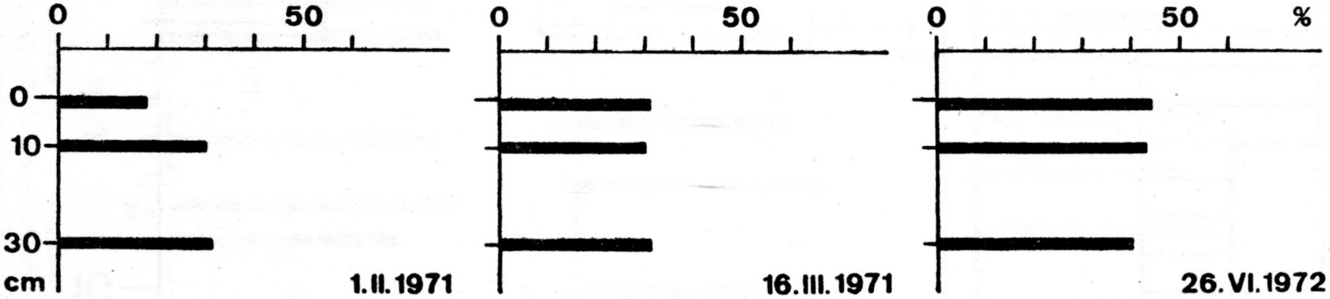

FIGURA 7. Contenido de agua del suelo a diferentes profundidades en la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata*.

*revolutum* muestra mayor capacidad de retención, en tanto que el suelo poco profundo bajo la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata* la menor capacidad para retener agua. Esta disminuye a mayor profundidad, paralelamente con la reducción de la concentración de sustancia orgánica.

Por el clima frío y húmedo y la alta capacidad de retención de agua, los suelos tienen generalmente un contenido alto de agua durante todo el

## TABLA 4

**Concentración de carbono y nitrógeno en suelos de diferentes asociaciones vegetales a una profundidad hasta 20 cm. de** profundidad.

| Asociación de | Fecha | C % | N % | C:N |
|---|---|---|---|---|
| *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata* | 5 XII 1970 | 26,9 | 1,10 | 24,5:1 |
| | 6 V 1971 | 20,1 | 1,53 | 13,1:1 |
| *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense* | 24 X 1970 | 23,8 | 0,97 | 24,5:1 |
| | 27 IV 1971 | 19,4 | 1,37 | 14,2:1 |
| *Displotephium revolutum* degradada | 15 XII 1970 | 24,4 | 1,16 | 21,0:1 |
| | 13 V 1971 | 41,5 | 1,60 | 25,9:1 |

## TABLA 5

**Capacidad de retención de agua en suelos de diferentes asociaciones vegetales.**

| | Capacidad de retención de agua (% de suelo seco) | | |
|---|---|---|---|
| Comunidad Vegetal | Profundidad 0-10 cm | Profundidad 20-30 cm | Profundidad 40-50 cm |
| Asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata* | 84 | — | — |
| Asociación de *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata* | 240 | 137 | — |
| Asociación de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia corymbosa* | 108 | 89 | 86 |
| Asociación de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense* | 362 | 191 | 157 |
| Asociación de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium multiceps* | 424 | 116 | — |
| Asociación de *Diplostephium revolutum* (degradada) | 873 | — | — |
| Asociación de *Diplostephium revolutum* | 1020 | — | — |
| Asociación boscosa (bosque bajo de páramo) | 461 | — | — |

año. Pero las determinaciones representadas en las figuras 7 - 14 indican oscilaciones que dependen de las condiciones meteorológicas. Para la toma de las muestras se escogió un período especialmente seco (1 II - 16 III 1971) y un período especialmente húmedo (26 VI 1972), con el fin de conocer los valores extremos.

Las precipitaciones medidas durante los días anteriores al muestreo se representan gráficamente en la figura 6. Hay que anotar aquí que la precipitación media de 3,3 mm/día durante el período comprendido entre el 28 de enero y el 7 de febrero fue causada principalmente por lluvias caídas después del día del muestreo que fue precedido de un largo período seco. Posiblemente los contenidos de agua de las pruebas obtenidas el 1º de febrero de 1971 se acercan a los valores mínimos en el Páramo de Cruz Verde. Los mayores contenidos de agua se determinaron en la asociación de *Diplostephium revolutum* que se desarrolla en sitios constantemente inundados. Aquí no se notan diferencias entre períodos secos y húmedos. Estas diferencias en cambio fueron muy acentuadas en los sitios más secos que son poblados por la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata,* donde el suelo se distingue por su poca profundidad. Las asociaciones vegetales restantes muestran contenidos de agua que se sitúan entre estos dos extremos. Las asociaciones de *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata* y la de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia corymbosa* tienen un carácter algo seco, mientras la de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense* y la de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium multiceps* son más húmedas. En todas las asociaciones disminuye el contenido de agua a mayor profundidad.

Las diversas condiciones hidrológicas en las diferentes partes del páramo influyen mucho en la distribución regional de las especies y asociaciones vegetales (LOZANO-C. y R. SCHNETTER 1975); pero lo importante para las plantas no es el contenido absoluto de agua del suelo sino la cantidad de agua disponible para ellas. Para obtener una idea sobre la dimensión de la fijación de agua en los suelos paramunos, se determinaron los valores pF correspondientes a los contenidos de agua. Por lo general los valores pF son bajos y se aproximan al valor 0,5. Nunca alcanzan el valor 4,2, considerado como punto de marchitamiento permanente por los pedólogos. Sin embargo, el valor pF de 3,85, determinado el 1º de febrero de 1971 en la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata* se acerca a este punto (tabla 6).

Se escogieron tres especies de distribución amplia para un experimento con la finalidad de conocer los contenidos de agua o sea los valores pF a los cuales las plantas comienzan a marchitarse. Los resultados (tabla 7) muestran un punto de marchitamiento permanente menor que 4,2 para las tres especies. Valores de esta dimensión bien pueden presentarse en algunos sitios del páramo, como indica el ejemplo de la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata* e influir sobre el crecimiento de las plantas. Este hecho podemos confirmarlo por las observaciones en el campo: De vez en cuando se encuentran en la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata*, plántulas de *Espeletia grandiflora*, una especie que no se encuentra representada aquí por ejemplares adultos. Estas plántulas se marchitaron hasta secarse después de un largo período de sequía durante los meses de diciembre de 1970 y enero de 1971.

## TABLA 6

**Ejemplos para los valores pF de suelos en diferentes asociaciones vegetales.**

Asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata*.

| Profundidad (cm) | pF<br>1 II 1971 | pF<br>16 III 1971 | pF<br>26 VI 1972 |
|---|---|---|---|
| 3 ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | 3,85 | 2,05 | 1,3 |
| 10 ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | 2,00 | 2,00 | < 0,5 |
| 30 ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | 1,50 | 1,50 | < 0,5 |

Asociación de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia corymbosa*.

| Profundidad (cm) | pF<br>1 II 1971 | pF<br>16 III 1971 | pF<br>26 VI 1972 |
|---|---|---|---|
| 3 ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | 1,25 | < 0,5 | < 0,5 |
| 10 ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | 1,50 | < 0,5 | < 0,5 |
| 30 ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | 1,10 | ∼ 0,5 | ∼ 0,5 |
| 50 ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | 1,75 | — | ∼ 0,5 |

Asociación de *Calamagrostis effusa*, *Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense*.

| Profundidad (cm) | pF<br>8 II 1971 | pF<br>17 II 1971 | pF<br>16 III 1971 | pF<br>26 VI 1972 |
|---|---|---|---|---|
| 3 ... ... ... ... ... ... ... | < 0,5 | 1,25 | 1,6 | < 0,5 |
| 10 ... ... ... ... ... ... ... | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 |
| 30 ... ... ... ... ... ... ... | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 |
| 50 ... ... ... ... ... ... ... | < 0,5 | < 0,5 |  | < 0,5 |
| 100 ... ... ... ... ... ... ... | < 0,5 |  |  | 0,6 |

## TABLA 7

Punto de marchitamiento.

| | |
|---|---|
| *Espeletia grandiflora* ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | pF 2,1 |
| *Geranium multiceps* ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | pF 2,25 |
| *Hypericum goyanesii* ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | pF 2,25 |

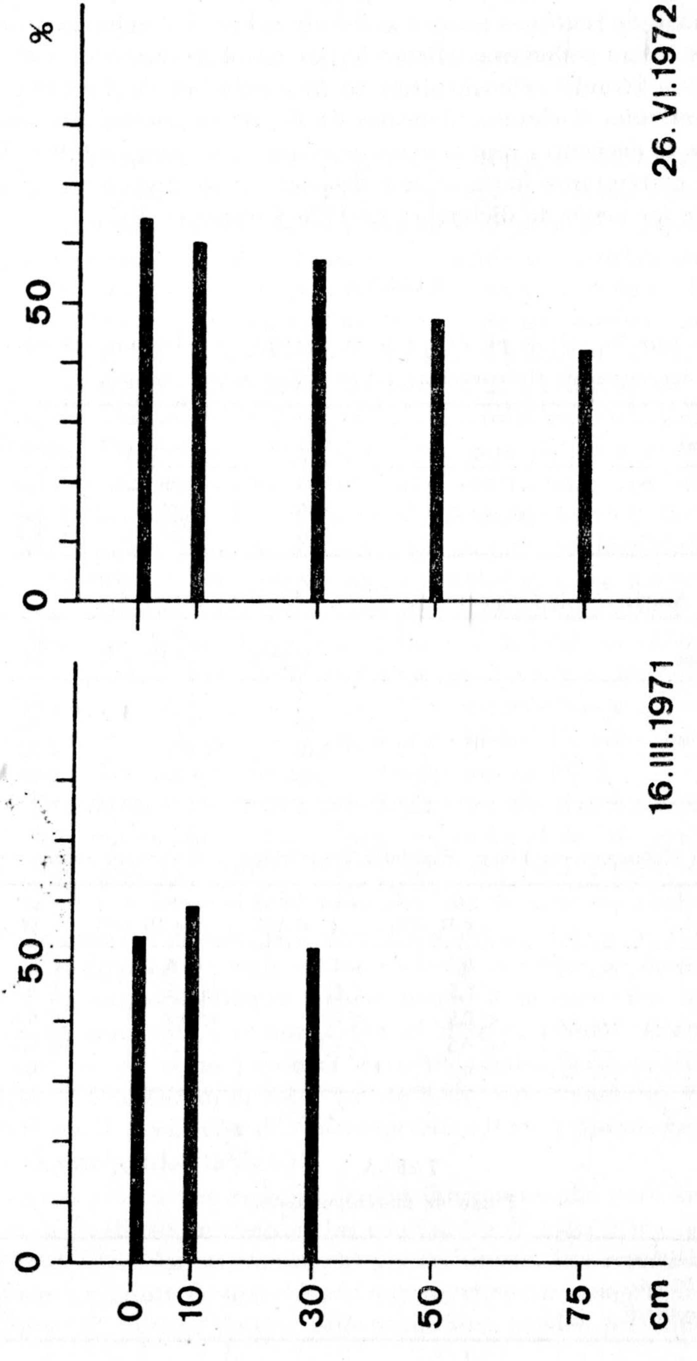

FIGURA 8. Contenido de agua del suelo a diferentes profundidades en la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata.*

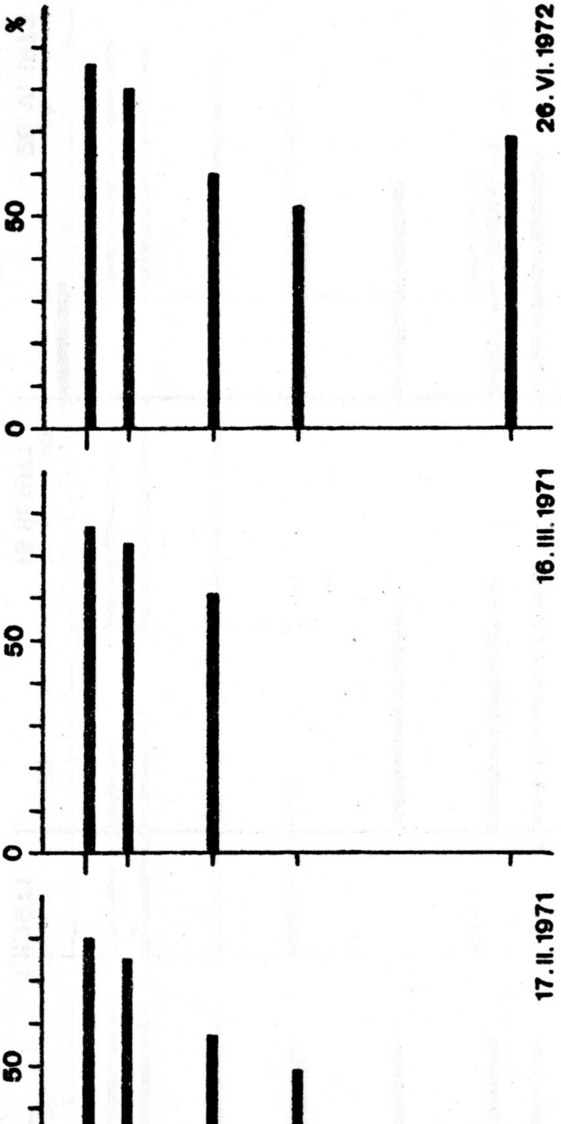

FIGURA 9. Contenido de agua del suelo a diferentes profundidades en la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia corymbosa*.

UNIVERSIDAD NACIO
Veterinaria
BOGOTA

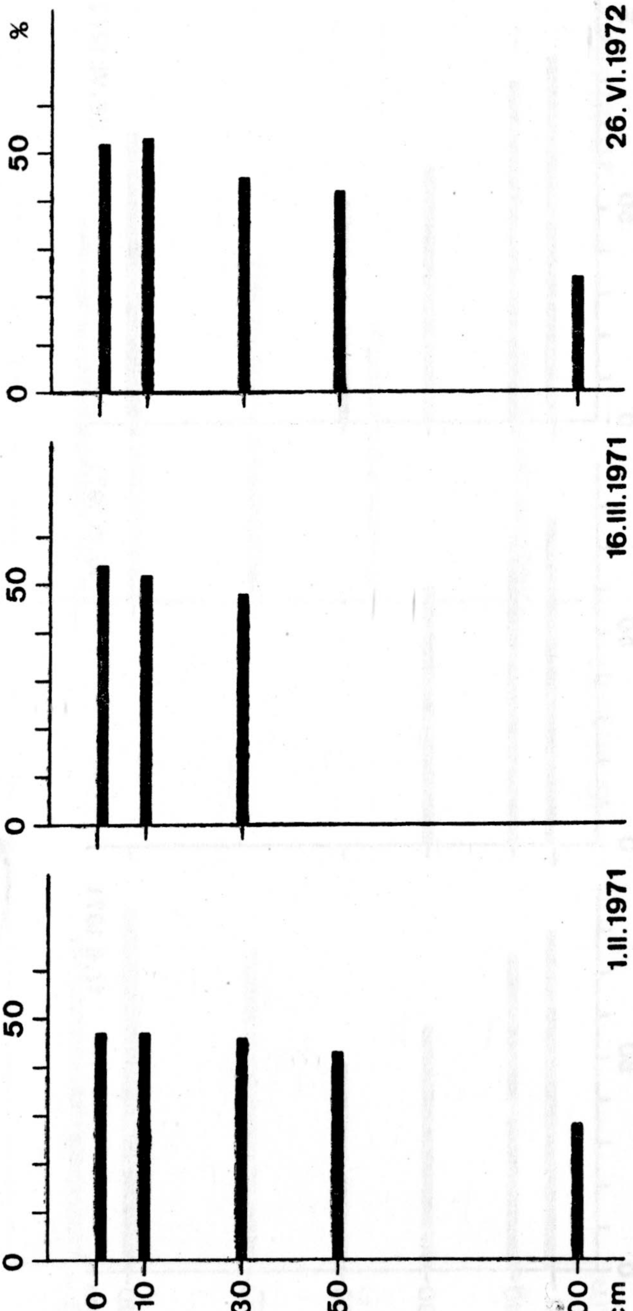

FIGURA 10. Contenido de agua del suelo a diferentes profundidades en la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia corymbosa*.

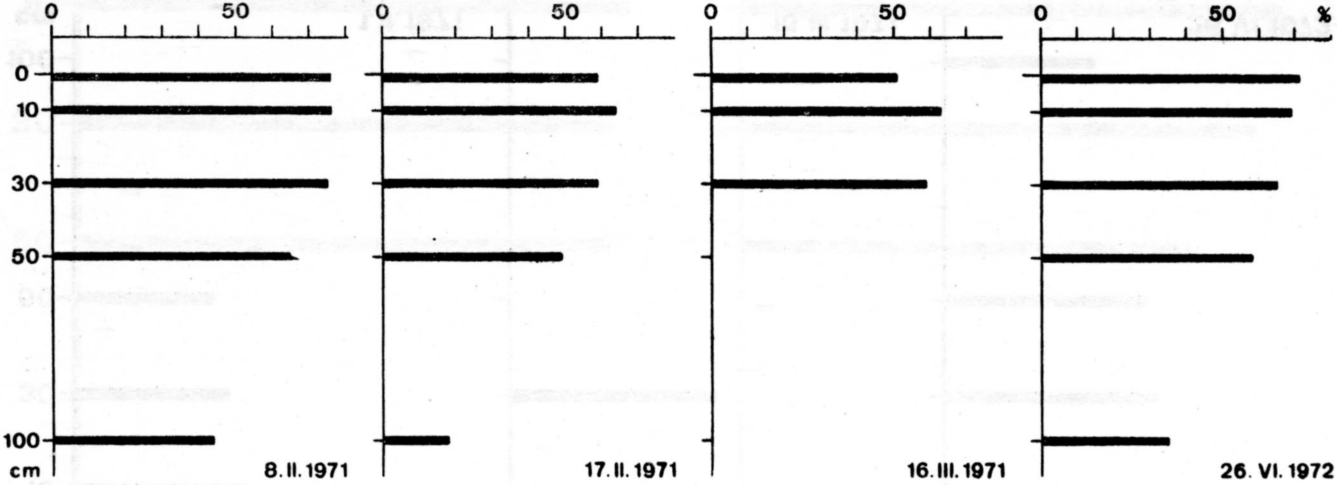

Figura 11. Contenido de agua del suelo a diferentes profundidades en la asociación de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense.*

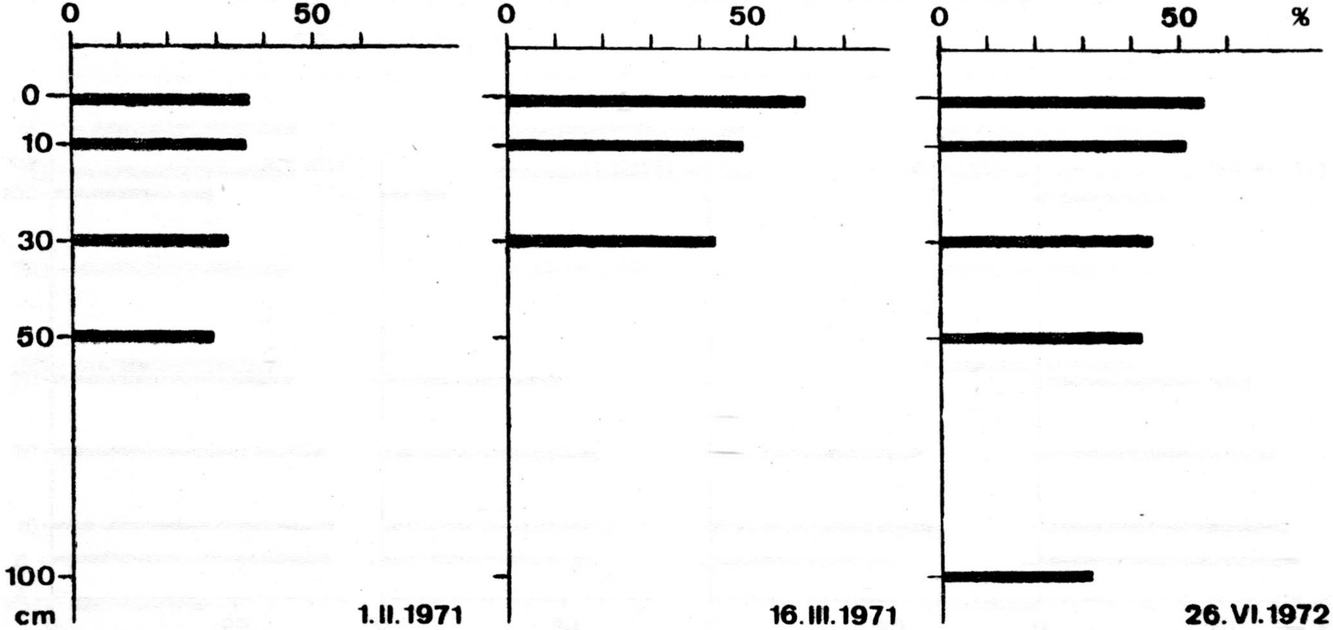

FIGURA 12. Contenido de agua del suelo a diferentes profundidades en la asociación de *Calamagrostis effusa, Espeletia grandiflora* y *Geranium multiceps.*

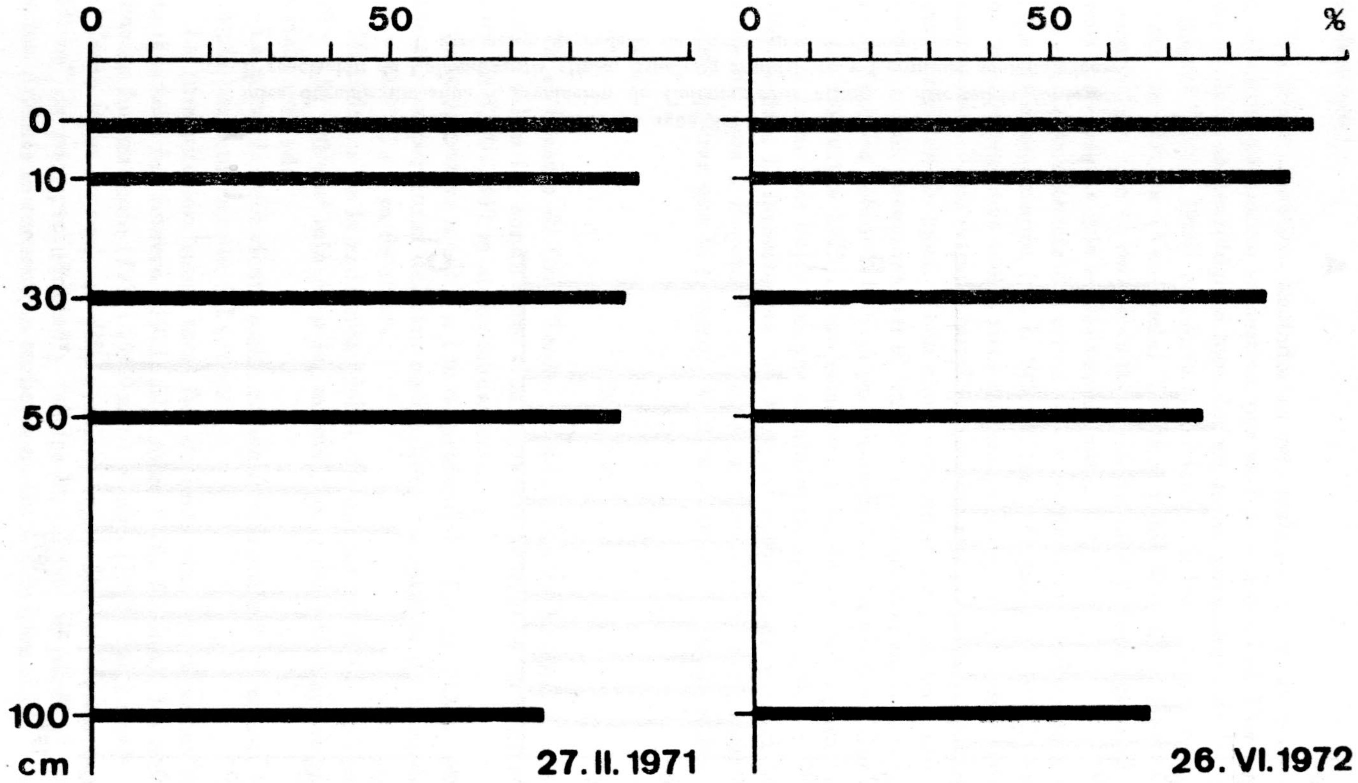

**Figura 13.** Contenido de agua del suelo a diferentes profundidades en la asociación de *Diplostephium revolutum*.

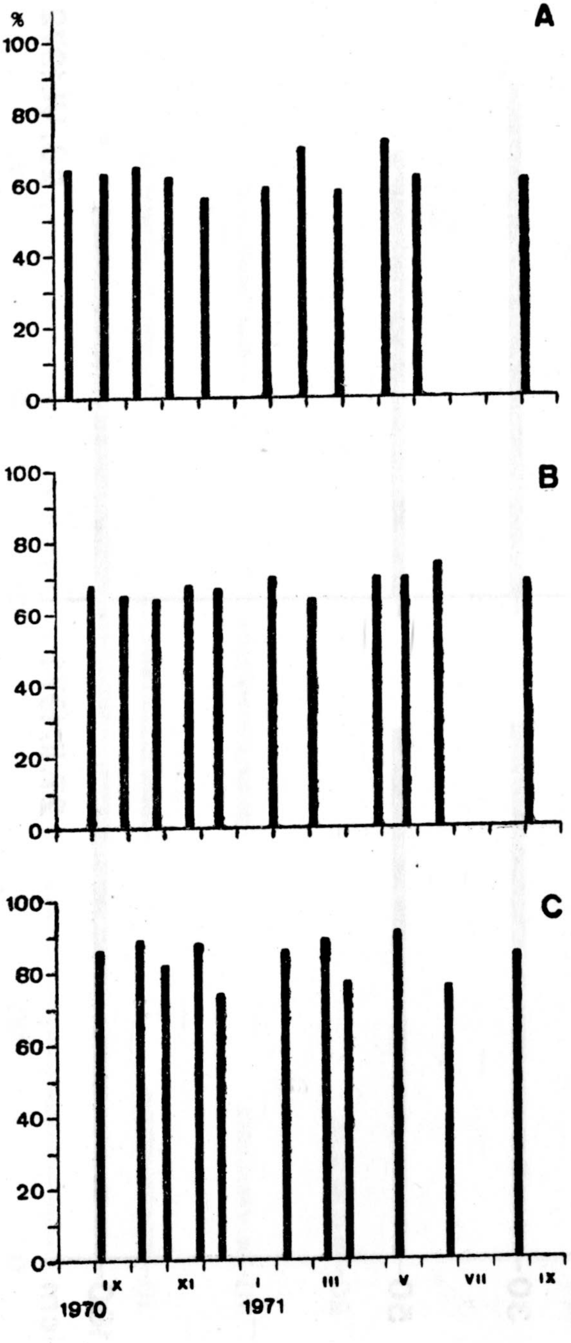

FIGURA 14. Variación del contenido de agua del suelo en diferentes asociaciones vegetales durante un año. A asociación de *Calamagrostis effusa* y *Altesteinia fimbriata*; B asociación de *Calamagrostis effusa*, *Espeletia grandiflora* y *Geranium santanderiense*; C asociación degradada de *Diplostephium revolutum*.

### *Conclusiones.*

Los datos climáticos anotados en este trabajo confirman una vez más que el clima paramuno se destaca por su frío y humedad. Una comparación de datos meteorológicos tomados en zonas paramunas de la cercanía de Bogotá (Guhl 1968) con otros procedentes de los páramos de la Sierra Nevada de Mérida (Venezuela) (Flohn 1968, Walter y Medina 1969) parece indicar que el verano es menos acentuado y prolongado en los páramos colombianos que en los venezolanos.

Como consecuencia del clima frío y húmedo que reduce la actividad de los microorganismos (M. L. Schnetter y Cardozo G. 1975) encontramos en estas regiones suelos ricos en sustancia orgánica no completamente descompuesta. Estos estratos humíferos se destacan por su alta capacidad de almacenamiento de agua. Hasta ahora casi no se ha explotado económicamente la región paramuna por el hombre y una utilización futura tampoco será provechosa debido a la baja productividad de las plantas (Cardozo G. y M. L. Schnetter 1975). Pero estas zonas son importantes para los habitantes de áreas más bajas, porque suministran agua a muchos ríos. Guhl (1968) señala la importancia del Páramo de Sumapaz para el abastecimiento de agua a Bogotá. Pero sólo si se mantiene la vegetación intacta, se puede esperar que la economía hídrica se conserve equilibrada.

## RESUMEN

En el Páramo de Cruz Verde, situado cerca de Bogotá, se realizaron estudios sobre las condiciones climáticas y edáficas de la región, a una altura de 3300 - 3400 m aproximadamente.

La temperatura medida a 1 m de profundidad fue de 10,3° C. Se determinaron temperaturas del aire en las horas tempranas de la tarde entre 9° C y 12,8° C a 1 m de altura.

Mediciones de la radiación global dieron por resultado valores entre 0,19 y 0.51 cal/cm$^2$ min para las mismas horas del día, bajo condiciones de cielo nublado.

La velocidad del viento oscila normalmente entre 2 y 4 m/sec. El viento sopla particularmente del sureste.

La precipitación anual total fue de 1800 mm aproximadamente. El mes más seco fue febrero (1971: 51,3 mm, 1972: 61 mm), los meses más húmedos fueron junio (1972: 296,9 mm) y julio (1971: 248,1 mm).

Como tipos de suelo se diferenciaron según Jenny "suelos humíferos andinos" de poca profundidad y "suelos humíferos de páramo" más profundos. Además se encuentran turberas en sitios más húmedos.

Los suelos se distinguen por un alto contenido de carbono en las capas superiores.

Los contenidos de nitrógeno oscilan entre 0,97 y 1,60 g/100 g de suelo seco.

Los valores de pH fluctúan entre 3,5 y 5,2 en los estratos superiores del suelo. Aumentan a mayor profundidad y se hallan entre 4,5 y 6,1 a 1 m de profundidad.

La menor capacidad de retención de agua se determinó en un suelo poco profundo bajo la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata* (84% de suelo seco), la mayor en la turbera bajo la asociación de *Diplostephium revolutum* (1020% de suelo seco).

Los contenidos de agua del suelo muestran oscilaciones dependientes de las precipitaciones siendo más llamativas en la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata,* donde se determinaron también los contenidos de agua más bajos (18,2% de peso fresco del suelo). Sólo en la turbera siempre saturada de agua no se pueden demostrar oscilaciones dependientes de la situación meteorológica.

Los valores pF fluctúan generalmente alrededor de 0,5. En la asociación de *Diplostephium revolutum* son siempre menores de 0,5, mientras en la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Spiranthes vaginata* alcanzaron una vez el valor de 3,85.

De experimentos en el laboratorio resultó que *Geranium multiceps, Espeletia grandiflora* e *Hypericum goyanesii* llegan al punto de marchitamiento permanente a valores de pF de 2,25. Así se puede explicar la ausencia de estas especies en los sitios más secos del páramo.

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Páramo de Cruz Verde bei Bogotá wurden Untersuchungen über die klimatischen und edaphischen Bedingungen in einer Höhenlage von etwa 3300 - 3400 m durchgeführt.

Die Temperatur in 1 m Tiefe betrug 10,3° C. In den frühen Nachmittagsstunden wurden in 1 m Höhe Lufttemperaturen zwischen 9° C und 12,8° C bestimmt.

Messungen der Globalstrahlung ergaben bei bedecktem Himmel für dieselben Tagesstunden Werte zwischen 0,19 und 0,51 cal/cm$^2$ min.

Die Windgeschwindigkeit schwankt normalerweise zwischen 2 und 4 m/sec. Der Wind weht vornehmlich aus südöstlicher Richtung.

Die jährliche Gesamtniederschlagsmenge betrug etwa 1800 mm. Der trockenste Monat war der Februar (1971: 51,3 mm, 1972: 61 mm), die feuchtesten Monate Juni (1972: 296,9 mm) und Juli (1971: 248,1 mm).

Als Bodentypen wurden nach JENNY flachgründige "andine Humusböden" und tiefgründige "Humusböden der Paramos" unterschieden. Daneben treten an nassen Stellen Moorböden auf.

Die Böden zeichnen sich durch einen hohen Kohlenstoffgehalt in den oberen Bodenschichten aus.

Die Stickstoffgehalte liegen zwischen 0,97 und 1,60 g/100 g trockenen Bodens.

Die pH-Werte streuen in den oberen Bodenschichten zwischen 3,5 und 5,2. Mit zunehmender Tiefe steigen sie an und liegen in 1 m Tiefe zwischen 4,5 und 6,1.

Die niedrigste Wasserkapazität wurde für einen flachgründigen Boden unter der *Calamagrostis effusa - Spiranthes vaginata* - Gesellschaft bestimmt (84% des trockenen Bodens), die höchste für Moorboden unter der *Diplostephium revolutum* - Gesellschaft (1020% des trockenen Bodens).

Die Wassergehalte der Böden zeirgen niederschlagsabhängige Schwankungen, die am auffälligsten in der *Calamagrostis effusa - Spiranthes vaginata* - Gesellschaft waren, wo auch die niedrigsten absoluten Wassergehalte gefunden wurden (18% des Bodenfrischgewichts). Nur im immer wassergesättigten Moorboden unter der *Diplostephium revolutum* - Gesellschaft sind derartige witterungsbedingte Schwankungen nicht nachweisbar.

Die pF-Werte bewegen sich im allgemeinen um 0,5. In der *Diplostephium revolutum* - Gesellschaft sind sie immer niedriger als 0,5, den höchsten Wert wies die *Calamagrostis effusa - Spiranthes vaginata* - Gesellschaft mit 3, 85 auf.

Laborversuche ergaben, daβ *Geranium multiceps, Espeletia grandiflora* und *Hypericum goyanesii* schon bei pF - Werten von 2,25 den permanenten Welkepunkt erreichten, wodurch das Fehlen dieser Arten an den trockensten Standorten des Páramos erklärt werden kann.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos al doctor J. Velásquez, Bogotá, por los análisis de carbono y nitrógeno, al doctor Pichott, Bogotá y al profesor doctor Schönhals, Giessen, por la clasificación de los suelos según el sistema americano y a la señora G. Koch, Giessen, por su ayuda técnica.

## BIBLIOGRAFIA

CARDOZO G., H. y M. L. SCHNETTER: Estudios ecológicos en el Páramo de Cruz Verde, Colombia. III. La biomasa de tres asociaciones vegetales y la productividad de *Calamagrostis effusa* (H. B. K.) STEUD. y *Paepalanthus columbiensis* RUHL. en comparación con la concentración de clorofila. Caldasia *11* (54), 1976.

**CARRERA, E., J. PICHOTT y E. B. ALEXANDER**: Estudio general de clasificación de los suelos de la cuenca alta del río Bogotá para fines agrícolas. Inst. Geográfico "Agustín Codazzi", Depto. Agrológico IV (1), IX y 220 pp., Bogotá 1968.

**ELLENBERG, H.**: Bodenreaktion (einschließlich Kalkfrage). En: RUHLAND, W.: Handbuch der Pflanzenphysiologie *4,* 638 - 708, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958.

**FLOHN, H.**: Ein Klimaprofil durch die Sierra Nevada de Mérida (Venezuela). Wetter und Leben *20,* 181 - 191, 1968.

**GEIGER, R.**: Das Klima der bodennahen Luftschicht. XII y 646 pp., Braunschweig 1961.

**GUHL, E.**: Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Su ecología y su importancia para el régimen hidrológico de la misma. Colloquium Geographicum *9.* 195 - 212, 1968.

**HERRMANN, R.**: Vertically differentiated water balance in tropical high mountains with special reference to the Sierra Nevada de Santa Marta/Colombia. Proc. Int. Assoc. Sci. Hydrol. World Water Balance, IASH Publ. *92,* 262 - 273, Brüssel 1970.

— Zur regionalhydrologischen Analyse und Gliederung der nordwestlichen Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien). Giessener Geographische Schriften *23* (Sonderheft 1), 1 - 88, 1971a.

— Die zeitliche Änderung der Wasserbindung im Boden unter verschiedenen Vegetationsformationen der Höhenstufen eines tropischen Hochgebirges (Sierra Nevada de Santa Marta, Kolumbien). Erdkunde *25,* 91 - 102, 1971b.

**JENNY, H.**: Great soil groups in the equatorial regions of Colombia, South America. Soil Science *66,* 5 - 28, 1948.

— Los grandes grupos de suelos en las regiones ecuatoriales de Colombia (Sur América). Boletín Técnico 7, 1 - 32, Fed. Nac. Caf. Chinchiná, 1953.

**LOZANO-C., G. y R. SCHNETTER**: Estudios ecológicos en el Páramo de Cruz Verde, Colombia. II. Las comunidades vegetales. Caldasia *11* (54), 1976.

**McQUEEN, I. S. y R. F. MILLER**: Calibration and evaluation of a wide range method for measuring moisture stress in field soil sample. Int. Ass. of Scientific Hydrology. Symposium on water in the unsaturated zone. Publ. 82/*83,* Vol. 2, 147 - 155, Gent 1969.

**SCHEFFER, F. y P. SCHACHTSCHABEL**: Lehrbuch der Bodenkunde. XIV y 473 pp., Stuttgart 1966.

**SCHNETTER, M. L. y H. CARDOZO G.**: Estudios ecológicos en el Páramo de Cruz Verde, Colombia. IV. La actividad biológica del suelo en diferentes asociaciones vegetales. Caldasia *11* (54), 1976.

**SMITH, A. P.**: Notes on wind-related growth patterns of paramo plants in Venezuela. Biotropica *4,* 10 - 16, 1972.

**STEUBING, L.**: Pflanzenökologisches Praktikum. 262 pp., Berlin y Hamburg 1965.

**TROLL, C.**: Die Lokalwinde der Tropengebirge und ihr Einfluß auf Niederschlag und Vegetation. Bonner Geogr. Abband. *9,* 124 - 182, 1952.

**WALTER, H. y E. MEDINA**: Die Bodentemperatur als ausschlaggebender Faktor für die Gliederung der subalpinen und alpinen Stufe in den Anden Venezuelas. Ber. Dtsch. Bot. Ges. *82,* 275 - 281, 1969.

**ZÖTTL, H. W.**: Die Eisendynamik in Böden der Paramo-Stufe der Anden Venezuelas. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. *127,* 10 - 18, 1970.